

RJ/IEI
78

3940-1

de Federal do Rio de Janeiro



INSTITUTO DE ECONOMIA INDUSTRIAL

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 78

O DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL
DA ROBÓTICA: DADOS E REFLEXÕES

José Ricardo Tauile

Agosto/1985

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA INDUSTRIAL



ATENÇÃO
ESTE LIVRO SÓ DEVE SER CONSULTADO NA BIBLIOTECA

O DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL DA ROBÓTICA:
DADOS E REFLEXÕES

José Ricardo Tauile

Agosto/1985



43 - 016340

anpec
INSTITUTO NACIONAL
DE ESTUDOS DE
POLÍTICA E
DESENVOLVIMENTO

Este trabalho foi impresso
com a colaboração da ANPEC
e o apoio financeiro do PNPE

PROGRAMA NACIONAL DE
PNPE
PESQUISA ECONÔMICA

INVENTARIADO

25/07/86

FEA - UFRJ

BIBLIOTECA

Data: 10 / 10 / 85

N.º Registro:

F446/85
043940-1
MS 98 300

5
UFRJ/IEI
TD 78

FICHA CATALOGRÁFICA

TAUILE, José Ricardo

O Desenvolvimento Internacional da Robótica:
Dados e Reflexões.--Rio de Janeiro: UFRJ/Insti-
tuto de Economia Industrial, 1985.

50p. --(Texto para Discussão, n.78)

I - APRESENTAÇÃO

Este trabalho não se propõe ser original. Pretende, isto sim, colocar à disposição, em língua portuguesa, algumas informações recentes sobre o conceito de robô, sobre seu processo de difusão nos países desenvolvidos e tecer algumas considerações sobre implicações sócio-econômicas daí decorrentes. Também não está contemplada neste texto a questão da difusão de robôs no Brasil, nem de sua produção no país (é muito recente a resolução da SEI sobre robôs para que se possa traçar uma análise conclusiva). Este trabalho é assim, basicamente, uma revisão parcial de uma literatura selecionada sobre o tema e que contém informações e dados razoavelmente atualizados e disponíveis internacionalmente.

II - INTRODUÇÃO E DEFINIÇÕES

Não existe uma definição exata de robôs que seja aceita universalmente; EUA e Japão compreendem o que seja robô diferentemente, por exemplo, o que cria uma certa imprecisão na comparação de dados entre os dois países. Ainda assim, é notoriamente reconhecido que no setor de robótica, tanto em termos de produção como de consumo, a liderança é japonesa, com índices de duas a três vezes superiores aos americanos. Aos EUA cabem alguma superioridade em uns poucos aspectos tecnológicos da indústria, aparentando também certa relevância alguns países europeus (Suécia, Alemanha, França e Itália).

Segundo o antigo Instituto de Robô da América (atualmente Robotics Industries Association - RIA), "um robô é um manipulador reprogramável multifuncional projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos programados variáveis a fim de desempenhar uma variedade de tarefas". De uma forma ainda mais simples, o presidente da Unimation (uma das empresas mais importantes na produção de robôs) define-os como sendo "manipuladores programáveis com algumas articulações" (U.S. Dept. of Commerce, 1983). Também de maneira simples o Departamento de Indústria do Reino Unido define robôs como "manipuladores mecânicos reprogramáveis" (OECD, 1983). A Internacional Standards Organization, similantemente, afirma que "um robô industrial é um manipulador multifuncional reprogramável com controle de posição automático, tendo vários eixos e capaz de manipular materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especializados através de operações variáveis programadas a fim de desempenhar uma variedade de tarefas". (OECD, 1983).

Entre as definições mais rigorosas e restritivas, está a da Régie Renault, na França, para quem um robô, strictu sensu, é uma "máquina automática universal" destinada à "manipulação" de objetos (peças e ferramentas) e dotada:

- " - de uma capacidade de aprendizagem de um comportamento tipo;
- da faculdade de aprender o ambiente (percepção);
- da faculdade de analisar a informação assim obtida;
- e da possibilidade de modificar seu comportamento tipo". (CORIAT, 1983).

Deve-se notar que todas estas definições tem algo em comum, que é a caracterização de uma forma de automação flexível, em oposição à automação rígida. A automação rígida não é novidade: a ferramenta (e a máquina) é dedicada a uma só aplicação durante toda sua vida útil. As chamadas máquinas de produção são seu exemplo mais comum: as tarefas são desempenhadas pela máquina-ferramenta, que é ajustada e controlada dentro dos limites permitidos pela mecânica. As limitações desta base técnica (eletro-mecânica) tornam difíceis, demoradas e dispendiosas a reprogramação dos equipamentos. Assim a automação - e de uma forma rígida - só é compensável se associada a altos volumes de produção. A flexibilidade e versatilidade dos sistemas estão associadas a trabalhos de bancada e a máquinas-ferramentas do tipo universal, cuja operação dependa da utilização de uma mão-de-obra muito qualificada (oficiais torneiros, fresadores, etc) cuja "herança" técnica, se assim pode-se dizer, remonta diretamente ao artesanato.

O advento da micro eletrônica vem justamente dotar de flexibilidade e versatilidade as novas formas de automação, fazendo com que se possa reprogramar muito mais rapidamente (e a um custo muito menor) o sistema de maquinaria, para produzir lotes diversos e/ou menores. Assim, no caso dos robôs, não apenas a máquina (antes de tudo o robô é uma máquina ferramenta) pode ser dotada de ferramentas diferentes, como pode, com a mesma ferramenta, desempenhar tarefas distintas e variáveis (i.e., reprogramáveis). Já no caso da definição japonesa, este atributo de flexibilidade não parece ter sido levado em consideração. Para a Associação Japonesa de Robôs Industriais (Japan Industrial Robots Association - JIRA), "um robô é uma máquina: a) capaz de desempenhar movimentos versáteis que lembram aqueles dos membros superiores (braços/mãos) de um ser humano ou b) que tem capacidade de sensoriamento e reconhecimento e é capaz de controlar seu próprio comportamento (robô inteligente)" (U.S. Dept. of Commerce, 1983). A JIRA classifica os robôs industriais segundo níveis de sofisticação (ou "gerações"), de acordo com o método de aprendizado e a alimentação de informações. São eles:

- a) Manipuladores - diretamente controlados por um operador.
- b) Robô sequencial - manipulador que funciona segundo uma sequência pré-estabelecida.
 - i) sequência fixa (ou difícil de mudar)
 - ii) sequência variável (facilmente modificável).
- c) Robôs repetidores (playback) - que aprendem com "imitação", retendo em sua memória uma sequência de instruções ensinada pelo operador.

- d) Robôs controlados numericamente - que desempenham suas tarefas através de comandos e controles estabelecidos por um programa que em geral tem a forma de um conjunto de números codificados (observa-se que cada vez mais é frequente encontrar subrotinas de programas incorporadas nos gabinetes de controle numérico, permitindo que o programa seja feito, ou modificado, diretamente através da botoeira do painel de comando).
- e) Robôs inteligentes - que funcionam a partir de sua própria capacidade de reconhecimento e sensoriamento (visuais e/ou táteis). (OECD, 1983).

a e b seriam a primeira geração de robôs, c e d comporiam a segunda e os robôs inteligentes seriam a terceira. Segundo a JIRA, no Japão, em 1980, 64,3% dos robôs produzidos eram de primeira geração; 31,5%, de segunda e, finalmente 4,2%, da terceira (OECD, 1983).

Como se pode perceber, as categorias a e b da classificação da JIRA não seriam consideradas como robôs segundo a definição americana (RIA), justamente pela ausência do atributo flexibilidade.

A definição da RIA tem sido considerada como a melhor e suas primeiras três palavras são essenciais para compreender o conceito de robôs*:

(*) Sanderson, R.j. et alli, 1982

- Manipuladores - um robô difere-se de outras formas de automação por sua habilidade de mover um objeto pelo espaço, enquanto, ao mesmo tempo, reorienta sua posição. É esta capacidade de manipular objetos que inevitavelmente leva a uma comparação entre os robôs e o braço e mão humana.

- Reprogramáveis - um robô é controlado por um controlador lógico programável (CLP), com memória, i.e. em essência um microprocessador (um chip). Ele é programável para comandar o "braço" e a "mão" do robô, para repetirem uma série de movimentos, podendo ser inteiramente reprogramável para uma nova sequência de movimentos.

- Multifuncional - um robô é muito mais flexível do que a automação rígida, podendo desempenhar uma ampla variedade de tarefas. Pode, por exemplo, num mesmo ciclo de movimentos carregar uma máquina, desrebarbar uma peça, colocá-la na esteira rolante, etc. É uma máquina do tipo universal e não uma máquina de produção automática.

Os robôs são compostos basicamente por três elementos:

- a) Manipulador
- b) Controlador
- c) Motor (força motriz)

A partir daí seria possível classificar os robôs industriais de diversas maneiras (OECD, 1982). Por exemplo, quanto ao sistema de acionamento:

- a) Pneumático (de ar comprimido) - é um "drive" leve, rápido e relativamente barato.

b) Hidráulico (de líquido comprimido) - é um pouco mais caro, carrega mais peso e é apropriado para ambientes inóspitos.

c) Elétrico - com ainda maior capacidade de carga, mas também implicando em maior dispendio em custo de aquisição, manutenção e energia.

De uma forma bem abrangente quanto ao tipo de programação, poder-se-ia distinguir os robôs pick and place (tira e põe) - que na classificação do RIA não são considerados robôs -, dos chamados servo robôs. Estes últimos poderiam ser distinguidos em ponto a ponto e contínuos ou uma vez mais desdobrados funcionalmente em:

- a) Robôs programáveis - direcionados por controladores lógicos programáveis.
- b) Robôs computarizados - controlados por computador alimentado por instruções eletrônicas.
- c) Robôs sensoriais - robôs computarizados com um ou mais sentidos artificiais.
- d) Robôs de montagem - robôs sensoriais especificamente projetado para trabalhos de montagem.

Seria ainda possível classificar os robôs segundo a atividade de trabalho que eles substituem ou segundo sua aplicação de acordo com as funções que lhes são atribuídas. Como já se disse, o manipulador pode lembrar um conjunto braço/antebraço: de um lado está conectado a uma base e na outra extremidade estão o punho e a mão (griper). Estes podem segurar as ferramen-

tas de trabalho (ou efetadores), tais como pistolas de solda, pistolas de pintura, esmerilhadoras, brocas furadeiras, instrumentos de medição, etc., usados para transportar peças ou, ainda, acionar outros dispositivos e equipamentos. Seria ainda possível classificar os robôs, de acordo com o sistema de grip, em quatro categorias: 1) onde o "grip" não é necessário; 2) grip de pouca precisão; 3) grip especial e 4) montagem (W.B. Heginbotharn, "Robots and Automatics Factories", British Business, 24 de abril de 1983). Em 1980 na Alemanha e em 1981 na Inglaterra, os robôs estariam assim distribuídos, segundo essa classificação:

TABELA 1

Distribuição percentual de robôs por tipo de grip

	Alemanha (1980)	Inglaterra (1981)
A (sem "grip")	45,0	36,0
B ("grip" pouca precisão)	42,0	48,0
C ("grip" especial)	12,5	15,0
D (montagem)	0,5	1,0

Fonte: W.B. Heginbotharn "Robots and Automatic Factories, British Business, 24 de abril de 1983.

No Japão, a distribuição de robôs, segundo a classificação da JIRA, é mostrada na Tabela 2.

TABELA 2

Distribuição percentual de robôs no Japão por tipo (segundo classificação do JIRA)

Tipo de robô		1978		1979		1985 a/		1990 a/	
		unidades	valor	unidades	valor	unidades	valor	unidades	valor
manipuladores	Controle manual	16	5	7	5	11	5	9	4
	Sequência fixa	70	46	74	47	57	29	56	27
	Sequência variável	6	20	8	18	18	26	17	22
play back		5	17	5	17	7	21	8	20
robôs CN			1	1	4	2	5	2	14
robôs inteligentes		3	11	5	9	5	14	8	23
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100

a/ estimativas

Fonte: Nações Unidas (Production and Use of Industrial Robots)

As principais aplicações dão-se nas seguintes atividades:

APLICAÇÕES	exemplos
MANIPULAÇÃO DE MATERIAIS	= [manipulação de peças paletização transporte tratamento térmico (fundição e forjaria)]
CARREGAMENTO DE MÁQUINAS	= [máquinas de moldagem prensas automáticas fresadeiras a controle numérico tornos a controle numérico]
TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES, E VAPORIZAÇÃO (SPRAY)	= [pintura aplicação de resinas]
USINAGEM	= [furação desrebarbamento polimento]
MONTAGEM	= [encaixe de peças aperto]
INSPEÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE	= [controle de posicionamento tolerância]
SOLDAGEM	= [ponto a ponto contínua]

TABELA 3

Distribuição aproximada de robôs por tipo de aplicações em alguns países (1983)

Tipo de aplicação	Países	Alema nha	França	ad	Suécia	Itália ^a	Ingla- terra	Finlân- dia	EUA ^e (1982)	Japão ^e (1980)	URSS ^e (1980)
Soldagem a ponto		33	33		20 ^b	36	20	-	19	10	5
Soldagem contínua		19	9		b	8	13	40	4	11	
Tratamento superfície		12	7		17	11	10	15	5	2	30
Esmerilhão/rebarbamento		1	1		-	-	2	10	-		
Montagem		5	7		1	11	6	-	1	33	7
Fundição		3	-		11	-	3	-	16		22
Carga e Descarga M.F.		7	34 ^c		40 ^c	-	9	16	24		8
Carga e Descarga Prensas		3	c		c	-	3	-	-		16 ^f
Inspeção/teste		-	1		-	6	2	-	-		2
Outras manipulações		16	-		9	17	21	-	31		5
Não especificada		2	3		2	11	7	19	-	47	5
Educação/Pesquisa		1	3		-	-	5	-	-		-
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: "Europe overtakes USA", The Industrial Robot, vol. 11, no. 1, março 1964

a) números estimados; b) inclui solda contínua; c) inclui toda carga e descarga; d) inclui manipuladores (no caso da França 40% são manipuladores); e) fontes: Japão-JIRA, USA-RIA, URSS-Y.G. Kozirev "perspectives os desenvolvimento and use of industrial robots" citado em ONU, Production and use of industrial robots; f) inclui forjaria.

Como pode-se notar na Tabela 3, a seguir, a distribuição das aplicações de robôs nas diversas atividades variam de país para país.

De uma maneira geral, pode-se observar que as aplicações mais comuns tem sido em atividades de solda, carga e descarga e pintura. Deve-se dizer porém que, com o desenvolvimento de tecnologias sensoriais (tato e visão, principalmente) e sua progressiva viabilização econômica, é previsível a utilização cada vez mais intensa de robôs em atividades de montagem. Seguem-se, na Tabela 4, previsões da difusão de robôs, por função, para os EUA e para a Alemanha Ocidental, em 1990 e 1991.

TABELA 4

Previsão da distribuição de robôs

EUA (1991)		Alemanha Ocidental(1990)	
Função	%	Função	%
Solda a ponto	13	Solda a ponto	11
Solda contínua	10	Solda contínua	2
Carga e descarga de máquinas	15	Máquinas ferramenta	26
Manipulação	20	Estamparia	21
Pintura	5	Tratamento de superfície	4
Usinagem	7	Furação/rebarbamento	4
Montagem	23	Montagem	21
Outros	7	Outros	11

Fontes: USA - Le Nouvel Automatisme, junho 1982;
Alemanha - Volkholz, T., ambos in Industrial Robots, OECD, 1983.

Olhando a demanda de uma maneira mais agregada, sob a ótica do setor, ou da indústria, não há entre os diversos países uma distribuição uniforme por tipo de usuário. Ainda assim, nota-se obviamente que a indústria automobilística ou, se preferirmos um outro tipo de categorização, a metal-mecânica (e ainda a

eletro-eletrônica) são os setores industriais que têm usado o maior número de robôs. Em seguida serão apresentadas na Tabela 5 a distribuição da difusão de robôs em diversos países, por setores industriais (e segundo as classificações encontradas nas estatísticas disponíveis).

TABELA 5

Distribuição da difusão de Robôs (por unidades) em diversos países

a) INGLATERRA (1980)		b) CANADA (1981)	
Indústria	(%)	Indústria	(%)
Energia e água	1,6	Automobilística	63
Manufatura de Metais e extração mineral	0,3	"Plumbing Fixtures"	9
Bens Metálicos	17,2	Eng.Elétrica	6
Engenharia Mecânica	10,0	Metal Mecânica	6
Escritório e Processamento de Dados	0,5	Utensílios e Peças	5
Eleto Eletrônico	5,4	Outros	11
Automobilística e Autopeças	34,0	c) SUÉCIA (1979)	
Demais Transportes	5,4	Indústria	(%)
Instrumentação	1,1	Metal mecânica	51
Textil	0,8	Engenharia Mecânica	15
Mobiliário madeira plásticos e borracha	0,5	Transportes	22
Outros	14,0	Engenharia elétrica	9
	9,2	d) ALEMANHA (1979)	
	(%)	Indústria	(%)
		Transporte	46
		Engenharia Elétrica	14
		Engenharia Mecânica	12
		Metal-mecânica	6
		plásticos e materiais	6
		e) ITÁLIA (1979)	
		Indústria	(%)
		Automóveis	28
		Utensílios Domésticos	8
		Metal-mecânica	8
		Elétrica	6
		Borracha	1
		/...	

<u>Indústria</u>	(%)	<u>Indústria</u>	(%)
Outros	16	Exportação	49

Fontes: Canadá - National Research Council Canadá
 Alemanha - KUKA
 Itália - Le Progress Scientifique - Março-Abril-1981.
 Suécia - Comissão de Eletrônica da Suécia
 Inglaterra - British Robot Association in Industrial Robots, OECD, 1983

Na Tabela 6, a distribuição do uso de robôs para o Japão, em 1980, baseada na definição do JIRA, e segundo a proporção de vendas.

TABELA 6

Distribuição de uso (segundo volume de vendas) no Japão em 1980

<u>Indústria</u>	(%)
Autômoéis	30
Maquinária Elétrica	36
Moldagem de Plásticos	10
Produtos Metálicos	5
Ferro e Aço	1
Outros	18

Fonte: JIRA

Para os EUA e a França, apresenta-se a seguir, na Tabela 7, a distribuição prevista (em vendas e unidades, respectivamente) para o ano de 1990.

TABELA 7

Distribuição prevista de Robôs por indústria em 1990

EUA (por vendas)		FRANÇA (por unidades)	
<u>Indústria</u>	(%)	<u>Indústria</u>	(%)
Manufatura leve	39	Automobilística	30
Automobilística	23	Metal mecânica	20
Eletro/eletrônica	14	Eletrônica	18
Fundição	11	Engenharia Mecânica	15
Manufatura pesada	9	Materiais cerâmicos/ transform.	4
		Material plástico	4

Fontes: EUA Bache Halsey, Stuart Shields

França Diebold Consultants

in Industrial Robots OECD, 1983

Segue-se, na Tabela 8, a distribuição do uso de robôs por país segundo a British Robot Association, para os anos de 1981 e 1982.

TABELA 8
Estimativa da População de Robos
em vários países

P a í s	1981	1982	Crescimento (%)
Japão	9.500	13.000	37
EUA	4.500	6.250	39
Alemanha	2.300	3.500	52
Suécia	1.700	1.300 ^(a)	-
Inglaterra	713	1.152	62
França	790 ^(b)	750	20
Itália	450	790	56

a - por questões re-definicionais este valor parece baixo; a comissão Suêca para Computadores e Eletrônica, estima que este número estivesse entre 1600 e 1700.

b - dado para França - 1981 - BIPE

Fonte: British Robot Association

Uma outra estimativa (vide Tabela 9) talvez superestime a quantidade de robôs no Japão, porém tem o mérito de incluir na distribuição a URSS e os outros países do Leste Europeu, mostrando que também nos países socialistas a tendência à automação com base na ME já existe de fato.

TABELA 9
Estimativa da População de Robôs segundo
regiões e países (em 1981)

Países/Regiões	Nº de Unidades	% do total mundial
Japão	14.232	57,5
EUA	5.109	16,6
Europa Ocidental	2.822	11,4
URSS	2.995	12,1
Europa Oriental (menos URSS)	594	2,4
TOTAL	24.752	100

Fonte: Manufacturing Automation, Financial Times Survey, 16 de julho de 1982, in Production and Use of Industrial Robots, Nações Unidas, 1985.

A CEE (Comissão Econômica da Europa) tem uma estimativa (ainda que pouco precisa), mostrada na Tabela 10, da distribuição de robôs por regiões continentais algo diferente:

TABELA 10
População de Robôs programáveis por
região (em 1982)

Região	Unidades	Porcentagem
Ásia	13.500	34,6
América do Norte	7.000	17,9
Europa Ocidental	9.000	23,1
Europa Oriental	8.500	21,8
Outros	1.000	2,6
TOTAL	39.000	100

Fonte: CEE

Além da distribuição de robôs por países ou regiões, outro indicador interessante do processo de difusão é a intensidade de utilização deste tipo de equipamento, isto é, a proporção entre o parque instalado de robôs e, por exemplo, a força de trabalho na manufatura, em cada país. Olhando-se por este ângulo, a liderança é Sueca. conforme pode-se ver a seguir, na Tabela 11.

TABELA 11
Relação entre parque instalado de robôs
e emprego industrial em alguns países
(1982)

País	Nº Robôs	Emprego Indústria(1000)	Densidade de ro bôs por 10.000 trabalhadores
Suécia	1.300 (a)	1.352	9,6
Japão	13.000	19.556	6,6
Alemanha Ocid.	3.500	11.334	3,1
Bélgica	361	1.322	2,7
Inglaterra	1.152	5.272	2,2
EUA	6.250	29.774	2,1
França	950	7.574	1,25
Itália	700	7.787	0,9

(a) Se, como foi visto, este número está subestimado, a densidade de na Suécia estaria em torno de 12.

Fonte: Industrial Robot, Vol II, nº 1, Março 1984.

III - FATORES DE ESTÍMULO E FREIO À DIFUSÃO DE ROBÔS

A importância relativa dos principais fatores de estímulo e de freio, ao uso de robôs varia naturalmente de país para país ou, mesmo, de indústria para indústria num mesmo país. A ordem dos fatores que estimulam a difusão, apresentados a seguir, está de acordo com os resultados de uma pesquisa sobre o uso de robôs na Inglaterra, realizada pelo Imperial College (OECD/ONU, 1985). Segundo ela, principais elementos motivadores são:

- a) Poupar trabalho - o custo da mão-de-obra industrial é tão alto - e crescente - nos países desenvolvidos (uma média que varia, de país para país, entre US\$ 11.000 e US\$ 25.000), que torna o pay back period (tempo de retorno do investimento) bastante baixo, como será visto adiante. É evidente que este tempo de retorno varia de acordo com o tipo do robô, seu preço e o número de turnos diários de sua utilização. Registre-se também que a economia direta não provém somente do trabalho, mas também dos materiais usados. A revista Business Week, (19/7/82), por exemplo, registra que um robô destinado a pintura gasta menos 20% a 30% de tinta que um pintor. Outros exemplos semelhantes poderiam se seguir na soldagem, fundição, etc.
- b) Substituir trabalho em ambientes e condições adversas ou perigosas - tanto por demanda dos trabalhadores, quanto porque o trabalho em ambientes poluí-

dos ou com risco de acidentes é mais caro, vagaroso e imperfeito, a introdução de robôs em atividades a fetadas desta forma é quase intuitiva ou "natural".

- c) Conseguir um sistema de produção mais flexível - não apenas a capacidade de num mesmo ciclo realizar tarefas diferentes (dotadas de maior versatilidade), como também, e principalmente, a capacidade de ser reprogramado facilmente, são atributos valiosíssimos dentro de um conceito moderno de eficiência de produção, capaz de, com menos imobilização em capital fixo, atender rapidamente a variações de demanda. A flexibilidade é ainda mais importante quando se pensa em robôs integrados em sistemas flexíveis de produção. Neste sentido costuma-se dizer que, "se só é necessário um robô, então não é necessário nenhum".
- d) Obter um controle de qualidade mais consistente - a uniformidade das tarefas executadas por um robô é garantida pelo programa de execução (limitado, é claro, pelas características técnicas do equipamento) e pelo controle das condições de sua operação (desgaste de ferramentas, folgas, etc).

A precisão, aliada à repetitibilidade e ao alcance abrangente que se consegue com robôs permite (ou mesmo demanda), inclusive, mudança dos projetos de produto, alguns dos quais dificilmente poderiam ser executados por trabalho humano direto (por exemplo, regularidade de pontos de solda em chapas de aço fino ou em locais de difícil acesso pelo corpo humano).

- e) Aumentar a produtividade - ainda que este conceito possa ser interpretado de diversas maneiras, minimamente o usuário de robôs espera maior regularidade no ritmo de execução das tarefas ao longo de toda a jornada diária de produção. O ritmo de produção de um robô não é necessariamente sempre mais intenso do que o de um trabalhador, (pois este é sujeito à fadiga, mau humor, etc), porém certamente é mais uniforme ao longo de toda a jornada diária (mesmo descontando-se as paradas para revisão e manutenção). A questão é que não vale à pena aumentar o ritmo de atividade de um robô se a sequência da produção apresenta estrangulamentos. Em outras palavras, uma vez mais fica claro que a introdução de robôs deve fazer parte de uma estratégia geral de automação da produção, e não se construir um evento isolado.

- f) Contornar a escassez de trabalho especializado - apesar dos níveis atualmente elevados de desemprego e subemprego, não é incomum haver uma certa escassez (pe lo menos aos níveis salariais vigentes) de determinados tipos de trabalhadores qualificados, como soldadores, oficiais maquinistas, etc, que podem ser substituídos por robôs.

Já os principais fatores que freiam a difusão de robôs (OECD 1983), são:

- a) O custo - o custo dos robôs ainda é alto. Para algu-

mas aplicações e certos tipos de robôs, os preços são cadentes. Já outros, que cada vez mais se sofisticam têm apresentado uma tendência de elevação de preços. Mas, não é só isso, além do custo do robô em si, ainda devem ser levados em consideração minimamente os custos de acessório (e ferramentas) e instalação entre outros (como manutenção, treinamento, teste, outros opcionais, etc). A composição dos custos totais dos robôs pode ser vista na Tabela 12, a seguir.

TABELA 12

Desmembramento do custo de diversos tipos de robôs (%)

T I P O	Custo básico do robô	Acessórios	Instalação	Total
Soldagem	55	30	15	100
Manipulação	67	22	11	100
Usinagem	45	35	20	100
Carga/descarga	55	20	25	100
Pintura	70	24	6	100
Montagem	40	35	25	100
Média	58	27	16	100*

Fonte: Industrial Robots; Sanderson, R, et alli, Tech Tran Corp. 1982.

(*) O preço médio dos robôs, considerado na época era US\$ 115,000

O retorno do investimento em robôs, depende, é claro, da economia direta e indireta em mão-de-obra de materiais, e do número de turnos diários em que eles funcionam. Para um país como a Alemanha Ocidental, as estimativas para este período de retorno de investimento (pay off period), para diferentes tipos de robôs, são as seguintes:

TABELA 13

Retorno de investimento (pay off period)
em robôs industriais na R.F. Alemanha

Aplicação	Tempo de retorno (em anos) ^a
Carga e descarga de máquinas	1,50-7,25
Soldagem	1,50-5,50
Pintura	4,25-10,0
Acabamento de moldes	2,50-6,50
Montagem	3,00-10,0

Fonte: Microelectronics Robotics and Jobs, ICCP Séries N° 7
OECD, Paris, 1982.

(a) : dependendo do nº de turnos diários de utilização.

b) A resistência dos trabalhadores e de seus sindicatos.

dado que a maioria dos casos a introdução de robôs implica na substituição imediata de trabalhadores na produção, isto é, numa perda líquida de emprego direto, há quase inevitavelmente resistência por parte das representações sindicais, temerosas que o problema do desemprego venha a ser fortemente agravado pe-

la difusão desenfreada de robôs. Vale a pena notar que a introdução controlada de robôs em atividades perigosas e insalubres é uma demanda dos trabalhadores. Não é à toa que a Suécia, com seu alto grau de welfare (em termos capitalistas) é o país com maior intensidade no uso de robôs. De qualquer forma, mesmo outros países com legislação social trabalhista bastante evoluída, há temores significativos de que a nova onda de automação com base na ME, da qual os robôs são os mais evidentes representantes, venha a ter um impacto negativo significativo sobre o volume de emprego.

c) Dificuldades financeiras das empresas - o alto custo do financiamento para equipamentos principalmente durante o período de crise econômica, atua geralmente como um fator que força o adiamento de decisões de investimento, em particular para pequenas e médias empresas e aquelas com posições financeiras mais débeis.

d) Falta de conhecimento (awareness) - esta é uma razão bastante citada como freinando a difusão de robôs. Por não se estar alerta, deixa-se de conhecer o espectro possibilidades das novas aplicações de robôs e consequentemente, deixa-se de usá-los. Daí a criação das associações de produtores, usuários e a promoção periódica de feiras e congressos especializados.

e) Limitações tecnológicas - o fato de que as tecnologias de sensoriamento ainda não estão suficientemente desenvolvidas tem limitado o uso de robôs para certas atividades (como por exemplo montagem). Assim sendo muitas empresas esperam a absolescência da atual geração de robôs para fazerem seus respectivos investimentos.

f) Capacidade de produção doméstica - conforme documentado na literatura (Tauile 1984a), o uso de tecnologia de ponta longe do local de sua produção sofre sérias restrições, particularmente no que concerne à capacidade de pronto atendimento da manutenção por parte do fabricante quando de uma eventual falha (ou quebra) grave no equipamento. Além do mais, possíveis criações de restrições alfandegárias e a própria morosidade do serviço burocrático relativo à importações de peças para reposição podem tornar-se sérios obstáculos ao processo de difusão.

g) Falta de experiência em engenharia - a falta de técnicos e engenheiros que conheçam a fundo tanto o equipamento em si como também sua programação (software) é um entrave para a difusão de robôs, tanto a nível de uma empresa, como a nível de uma região ou país.

Nestes dois itens está em jogo um processo de sinergia pois, não havendo capacidade local de concepção (projeto e de produção de robôs, muitas

vezes emulados pela prática exaustiva da manutenção destes equipamentos, é de se esperar que sua difusão seja mais acelerada (Tauile 1984b), visto que os usuários sentir-se-ão menos confiantes de que as paradas (down time) por defeitos de falhas, e consequentes prejuízos decorrentes da inatividade da produção, sejam minimizados. Isto leva-nos ao próximo ponto: a questão da produção de robôs.

IV - A PRODUÇÃO DE ROBÔS

Ainda que os primeiros robôs começassem a ser produzidos no começo da década de sessenta, pode-se dizer que o nascimento da indústria, numa escala significativa, somente ocorreu em meados da década de 70. Até então, baseados em técnicas e princípios eletromecânicos (e progressivamente eletrônicos), os robôs eram de confecção cara e produzidos praticamente sob encomenda. Progressivamente, entretanto, as pesquisas e desenvolvimentos da tecnologia específica começaram a dar frutos, bem como começaram a se tornar disponíveis os componentes microeletrônicos, em particular os microprocessadores - os chips (elementos miniaturizados, de baixo custo mas de alta performance), - que são, até hoje, a base dos sistemas de controle. Concomitantemente, uma queda generalizada na produtividade das empresas e nas taxas médias de lucro, levaram ao crescimento da concorrência e fizeram com que as empresas se dispusessem a buscar novas tecnologias e investir em novos métodos de produção (não só em robôs, mas em toda a família de equipamentos automatizados com base na ME).

Desde então, a indústria tem crescido a elevadas taxas



(superiores a 30% a.a.), atraindo investimentos de novas empresas, mesmo de outros ramos industriais. Ainda hoje, todavia, a produção de robôs é relativamente pequena, representando apenas cerca de 3% da indústria de máquinas ferramenta. O número total de produtores de robôs no mundo já excede a trezentos, sendo que mais de duzentos estão no Japão (segundo sua própria definição), cerca de 50 estão nos EUA (onde em 1982 o valor da produção foi em torno de US\$ 150 milhões), e os demais espalhados pelo resto do mundo, principalmente na Europa. Os índices de concentração da indústria não são em geral baixos, conforme mostra a Tabela 14.

TABELA 14

Índices de Concentração da Indústria
de Robôs em diversos países em 1982

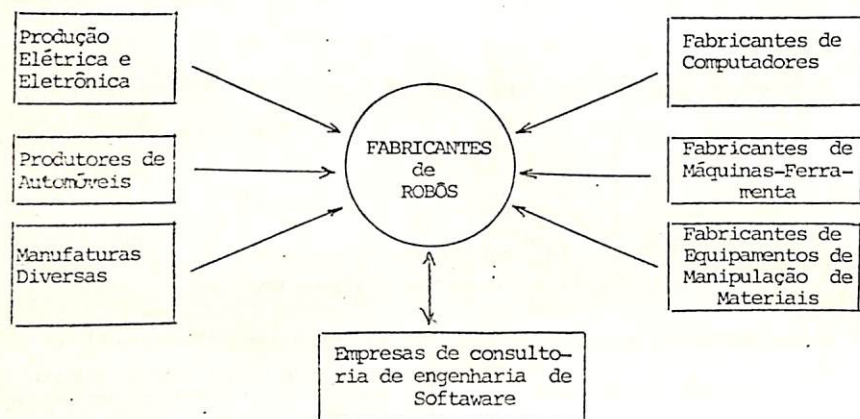
País	Nº de Empresas	Parcela da produção total
EUA	6	80%
Japão	14	65%
Alemanha Oc.	10	90%
Suécia	1	80%

Fonte: Production and Use of Industrial Robots, ONU, 1985.

A origem dos fabricantes de robôs é bastante diversa, já que produzi-los envolve a necessidade de integrar tecnologias diferentes (como eletrônica, mecânica, etc), integrar o hardware (de processamento de dados e de comunicação) com o software, integrar o corpo de equipamento em si com as inúmeras aplicações

de manufatura (solda, pintura, usinagem, etc), etc. A origem diferenciada dos fabricantes de robôs pode ser visualizada na figura abaixo.

FIGURA 1
ORIGEM INDUSTRIAL DOS FABRICANTES DE ROBÔS



Fonte: L. Conifliaro, Trends in the robot industry (revisited): where are we now?, Proceedings of the 13th International Symposium on Industrial Robots, Chicago, abril, 1983.

A origem dos fabricantes de robôs, bem como a própria evolução da indústria varia de país para país. Nos EUA, até meados da década de 70, esses fabricantes vinham principalmente da engenharia mecânica. Mas a partir do final da década de 70 e do princípio dos 80, grandes e diversificadas empresas com capacidade em eletrônica (GE, Westinghouse, etc) começaram a criar unidades ou divisões para produzir tecnologia, valendo-se, para isso, da compra de empresas menores e de licenciamento (de tecno-

logias japonesas e européias). A entrada de novos fabricantes foi a seguir acelerada por dois grupos: a) De grandes corporações (IBM, GM, etc), que já usavam uma grande quantidade de robôs há algum tempo e que por isso tinham não só a experiência das aplicações mas também podiam fazer os devidos esforços de pesquisas e desenvolvimento; estas empresas também criaram novas divisões, formaram subsidiárias, compraram empresas independentes e utilizaram-se de licenciamento e joint-ventures, principalmente com empresas japonesas. b) De muitas pequenas e novas empresas cujos fundadores tinham experiência prévia em eletrônica; essas empresas, em geral, têm se especializado em segmentos específicos do mercado de robôs.

No Japão, o início da produção pode ser datado do licenciamento pela Kawasaki, dos robôs da Unimation, dos EUA. A partir de então, não apenas fabricantes de máquinas ferramentas, mas também grandes conglomerados com produção na indústria eletrônica e de computadores, entraram no mercado (50% das 100 empresas que lá produzem robôs - strictu sensu - são pequenas ou médias empresas).

É particularmente marcante que, no Japão, o fato de muitos produtores serem grandes usuários e de consequentemente conhecerem bastante as possibilidades e, especificidades, as aplicações, criou um fator de sinergia para a indústria de robôs. É interessante observar, como veremos adiante, que de importadores de tecnologia na implantação da produção de robôs, as empresas japonesas passaram, atualmente, a exportadoras de tecnologia.

Na Europa, igualmente, verifica-se que a maioria dos

grandes usuários são também produtores de robôs. Em vários países, há um grande fabricante que em geral é especializado num determinado tipo de robô e a origem dos fabricantes, ainda que predominantemente seja da engenharia mecânica, distribui-se de modo mais ou menos equilibrado segundo a Figura 1 acima.

Segue-se a Tabela 15 mostrando os principais fabricantes de robôs no mundo, por países e por indústrias de origem.

TABELA 15
Principais Fabricantes de Robôs
e suas origens

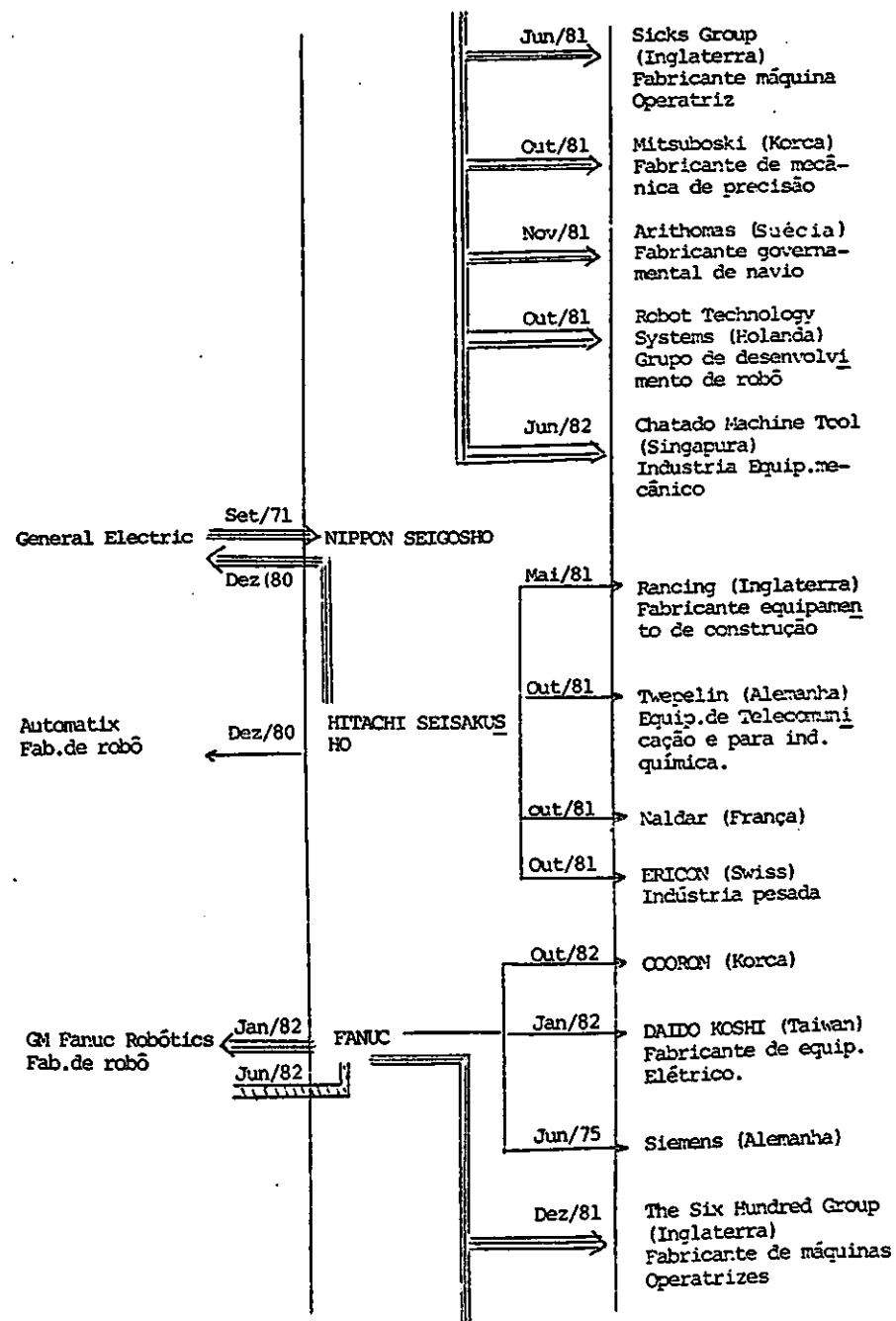
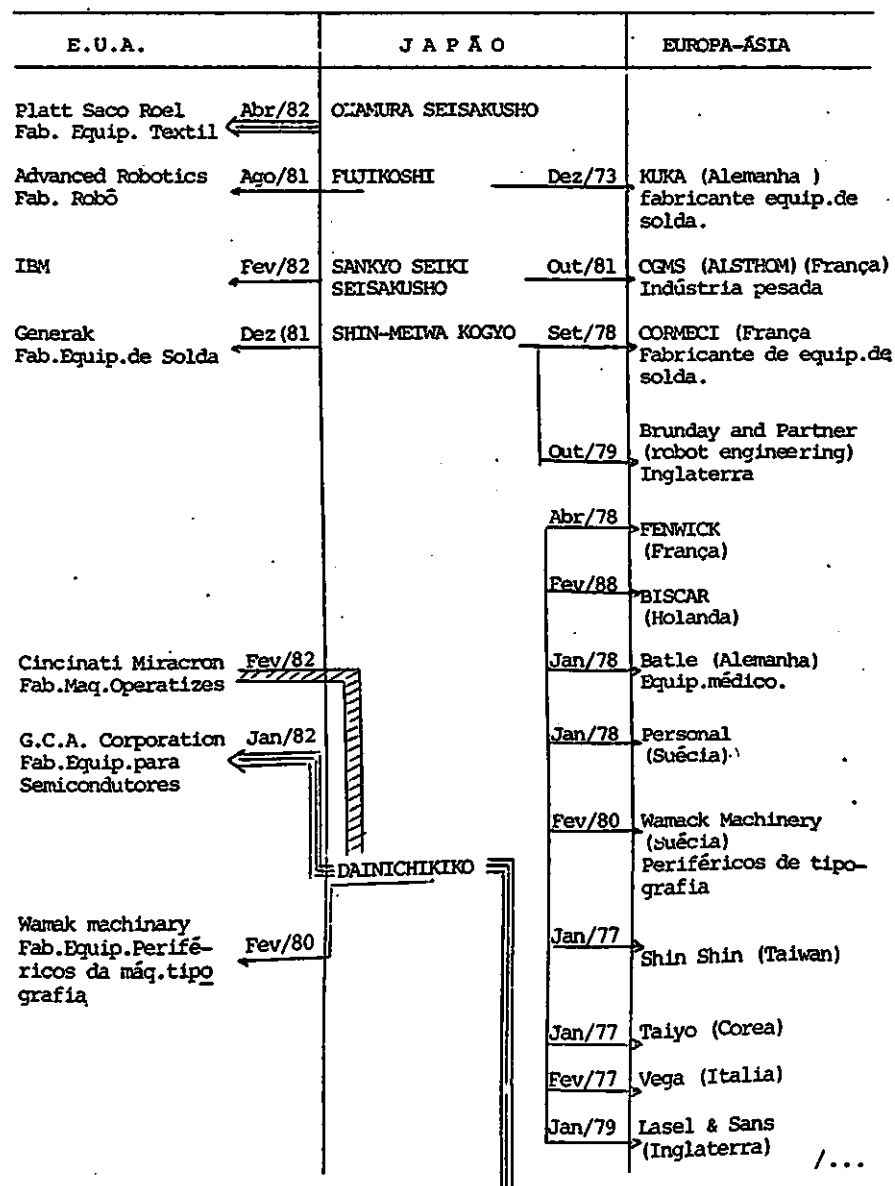
EUROPA OCIDENTAL	EUA	JAPÃO
Automobilística		
Volkswagen (Al.)	G.M./Fanuc	Toyota
Fiat Comau (It.)		
Renault (Fr.)		
Volvo (Sue)		
Maquinaria elétrica, eletrônica e computadores (e conglomerados c/capac. eletrônica)		
ASEA (Sue)	IBM	Hitachi
Olivetti (Ital)	Unimation/Westinghouse	Matsushita
Siemens (Al.)	G.E.	NEC
DEA (It.)		Fujitsu Fanuc
		Mitsubishi Electric
		Fuji Electric
Engenharia Mecânica: Máquinas ferramenta, manipuladores, processo, etc.		
Kuka (Al.)	Cincinnati Milacron	Kawasaki
Trallfa (nor.)	Bendix	
	Prab Robotics	

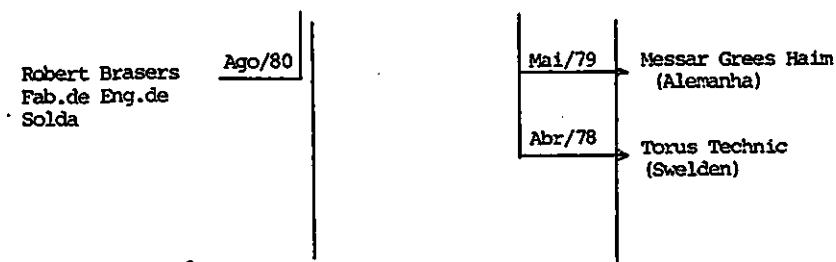
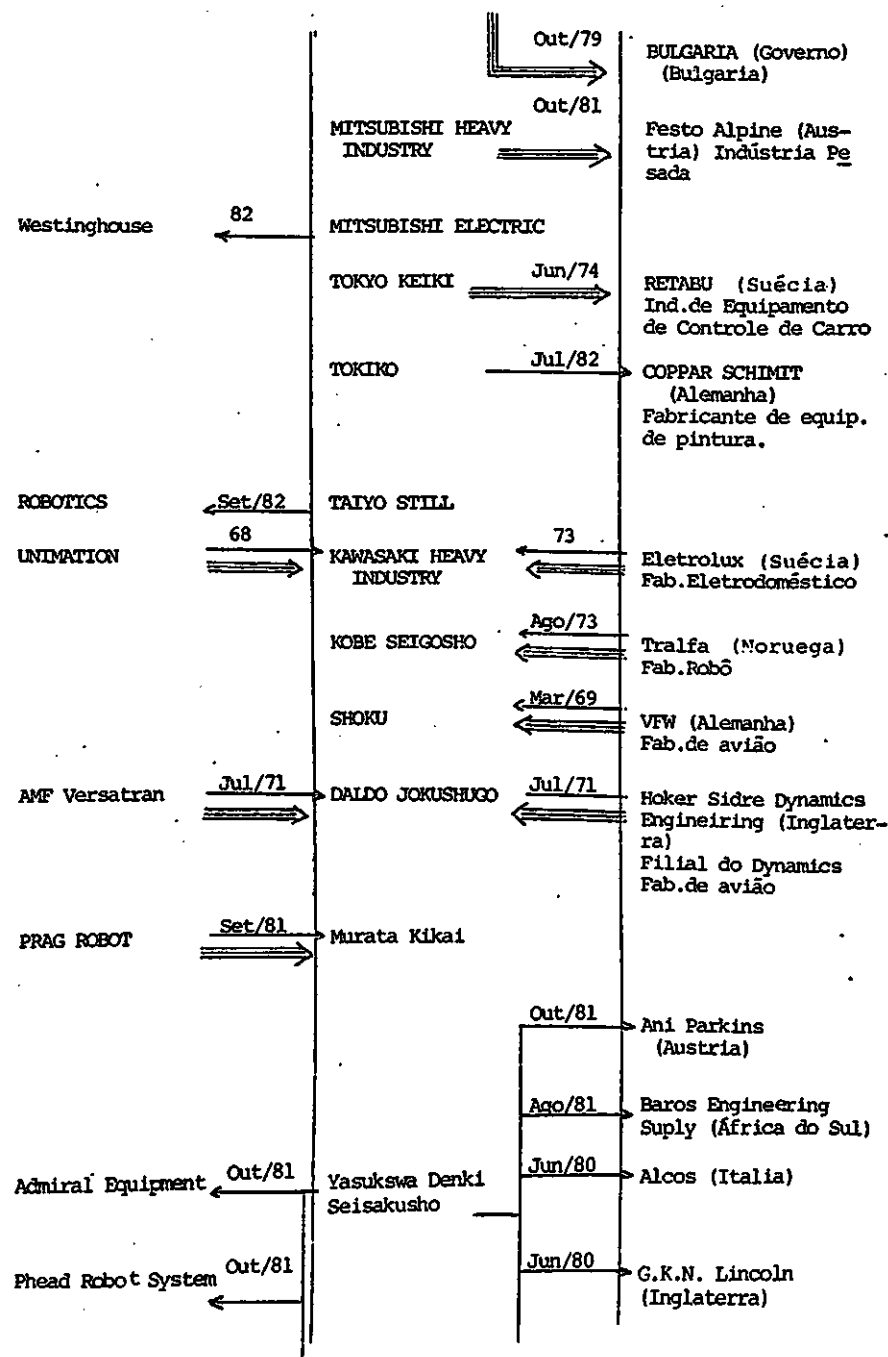
Fonte: J. Baranson, Robots in Manufacturing - Key to International Competitiveness, Lomond Publications, Inc. Maryland, U.S.A., 1983.

Como pode-se notar pela Figura 2 a seguir, a produção de robôs tem sido caracterizada por crescentes cooperação técnica internacional entre empresas de países desenvolvidos, chamando atenção especialmente o fato de os japoneses terem passado progressivamente de importadores a exportadores de tecnologia.

FIGURA 2

EVOLUÇÃO DO FLUXO DE TECNOLOGIA EM ROBÓTICA





Convenção de Símbolos

- Fornecimento direto de venda
- ⇒ Fornecimento de Tecnologia
- /// Desenvolvimento Conjunto

Fonte: Revista "Newton" Graphic Science Magazine, Edição Especial
 Tubo sobre robô, Editora Kyokusha, páginas 194-197
 (Gentilmente traduzido por K. Takita)

V - ALGUMAS IMPLICAÇÕES PARA A ORGANIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

O uso de robôs, assim como o uso dos novos equipamentos automatizados, com base na ME, permite o que tem sido caracterizada como nova economia de tempos (CORIAT, 1983). Consegue romper os limites à automação estabelecidos dentro da base técnica eletromecânica (para produção em séries de produtos discretos), através da organização "científica" do trabalho taylorista e pelas linhas de montagem fordista. Estas formas de organização do trabalho, que se constituíram no modo mais difundido de pensar a produção em série de produtos discretos, baseiam-se fundamentalmente na parcelização extrema das tarefas e na atribuição a cada trabalho de uma menor parte possível das mesmas, criando, assim, o trabalhador especializado e, ainda, na utilização de esteiras rolantes que imprimem o ritmo da produção (que por sua vez é limitado pela resistência física dos trabalhadores).

Reconhecidamente, existem dois grandes problemas de perda de eficiência das linhas de produção (e montagem) em série (CORIAT, 1983). O primeiro reside na existência de volumosos tempos de transferência seja de materiais, seja de peças ou produtos, ao longo do sistema de produção. O segundo concerne à falta de equilíbrio nas linhas de produção (e de montagem), que sobrecarrega alguns postos de trabalho, criando pontos de estrangulamento e tensão na linha, e deixa outros ociosos.

Nas linhas de produção automatizadas rigidamente, resulta quase que inevitavelmente a existência de elevados estoques de produtos intermediários e de produtos finais. Resulta também

que, apesar de implicar em custos unitários menores na produção de grandes séries, por sua rigidez, estas linhas de produção automatizadas rigidamente implicam também numa organização muito "pesada", pouco flexível, isto é, difícil de modificar para atender às variações de demanda no mercado, que são tão frequentes em épocas de crise.

Como uma espécie de resposta a uma crise de eficiência de taylorismo/fordismo (vale à pena ressaltar que são muito pequenos tanto o tempo que as peças passam efetivamente nas máquinas ferramentas - em torno de 5% na produção mecânica de peças de pequenas e médias séries -, como o tempo de usinagem em si - 30% desses 5%), a nova onda de automação, apoiada na robótica e no uso de outros equipamentos automatizados com base na ME, têm, de maneira geral, por objetivos, tentar obter uma taxa mais alta de engajamento de máquinas e de trabalhadores na redução de tempos mortos e de tempos improdutivos de circulação. Trata-se assim, de tornar mais "densa", mais "compacta" a produção, integrando melhor as diferentes sequências produtivas; "(...) tentar adicionar maleabilidade e flexibilidade à rigidez das linhas de produção, rigidez que, dentro das atuais condições de mercado, tornam-se um fardo bastante pesado" (CORIAT, 1983, pp 65).

Neste sentido, é possível falar de automação de substituição e de integração. A primeira refere-se à introdução de equipamentos automatizados (ou mais automatizados) para substituir total ou parcialmente o trabalho de execução que era efetuado, em maior ou menor grau, manualmente. Robôs, controladores (ou autômatos) programáveis e máquinas ferramentas de controle

numérico trazem diretamente este efeito de substituição reduzindo os tempos de operação, aumentando a regularidade (não necessariamente a velocidade de uma atividade específica) do fluxo produção e melhoramento da taxa de utilização de cada máquina individualmente. Reduzem-se, assim, não apenas os tempos elementares de operação, como também o capital circulante correspondente aos materiais e produtos em curso de produção (CORIAT, 1983). A automação por substituição, em muitos casos, visa também alcançar normas mais rigorosas de qualidade da produção padronizada e realizar tarefas perigosas ou inacessíveis ao trabalhador. Na verdade, prospectivamente, prevê-se que as formas antropomórficas dos equipamentos de produção, na medida em que estes forem sendo automatizados e dispensem a intervenção direta de trabalho vivo, sejam abandonadas, iniciando-se um novo ciclo de projetos de sistemas de produção independentes dos limites de alcance dos membros do trabalhador direto.

Quanto à automação por integração, os novos equipamentos automatizados com base na ME permitem "modificar a distribuição dos diferentes fluxos de produção no seio da fábrica (fluxo de energia, de materiais, de peças, de ferramentas, de produtos em curso de fabricação), com vistas a limitar os "tempos mortos" e os tempos julgados "improdutivos" (CORIAT, 1983, p.69). O objetivo é também melhorar a taxa de engajamento de trabalhadores (intensificação do trabalho) e máquinas (melhor rendimento do capital fixo) e reduzir os "estoques" inerentes aos materiais, peças e produtos em curso de fabricação (otimização do capital circulante). Trata-se de uma nova divisão e distribuição generalizada dos meios de circulação, de alimentação, de manutenção

e de posicionamento. O fundamental aqui é que a base técnica ME que, em essência, permite o tratamento massificado de informações por equipamentos e componentes cada vez menores, facilita extraordinariamente os cálculos necessários ao controle e à gerência deste tipo de integração. Os computadores conferem um novo tipo de inteligência ao sistema e é o seu uso, integrados e articulados hierarquicamente nas mais diversas formas (mainframes, minis, micros, CNCs, CLPs, etc), que permite alcançar graus mais ou menos sofisticados de integração dos sistemas automatizados. Registre-se aqui dois importantes limites que se colocam presente mente a este movimento de automação: a) um certo atraso no desenvolvimento dos meios mecânicos, se comparados ao desenvolvimento das "inteligências" ME que lhes serão acopladas b) uma insuficiência de desenvolvimento de programas (software) que dão as múltiplas possibilidades de aplicação concreta dos equipamentos em si.

Ainda no âmbito da organização social da produção pode-se tecer algumas considerações adicionais sobre as implicações que a robotização acarreta para o trabalho, tanto a nível do processo de trabalho (qualificações, relações de poder, condições de trabalho, etc), quanto a nível do impacto sobre o volume e a estrutura do emprego.

Por sua natureza, a introdução de robôs é uma das formas de progresso técnico que mais evidencia a substituição no processo de produção de trabalho vivo pela máquina, ou a redução da necessidade de trabalho vivo em relação ao trabalho cristalizado nos demais meios de produção (capital fixo e circulante),

para um dado nível de produto físico. A tendência não é absolutamente nova porém, neste caso, torna-se mais clara: há um consenso generalizado de que a introdução de robôs está ligada direta e imediatamente à eliminação de postos de trabalho direto, tão mais facilmente quanto forem simples e repetitivas as tarefas a substituir. O efeito líquido direto e imediato é negativo. Além do mais, não é apenas neste tipo de automação "por substituição" que este fenômeno ocorre. Na automação "por integração", isto é, quando a introdução de robôs (juntamente com outros equipamentos automatizados com base na ME) faz parte de uma estratégia de mudança na concepção dos sistemas de produção de modo a torná-los menos "porosos", mais ágeis e logo mais eficientes, o fenômeno da redução de trabalho vivo necessário para levar a efeito o mesmo nível de produção também ocorre, e de maneira significativa.

Não se pode dizer que hoje, de uma forma generalizada, a introdução de robôs seja a principal responsável pelas condições de competitividade das empresas que passaram a utilizá-los, assim como não se pode atribuir a essa utilização a responsabilidade pelos altos índices de desemprego vigentes atualmente nas economias capitalistas desenvolvidas. Afinal, o parque de robôs instalado nestes países não é tão grande assim e entre eles (e mesmo no interior de suas economias) as especificidades variam, o que torna bastante irregular a motivação para sua introdução. Também não cabe supervalorizar as dimensões do "desemprego tecnológico" provocado pela difusão de robôs em seu início, quando o desemprego "estrutural" e o "conjuntural" são mais graves e de muito maior monta. Cabe, isto sim, procurar identificar e interpretar os sinais já encontrados nesta época em que o processo de di-

fusão de robôs (e de mudança de base técnica pela "invasão" de ME) começa a deslanchar, de modo a prever as transformações que as novas tecnologias provocarão nas estruturas econômicas e sociais, para minimizar seus efeitos negativos ou indesejáveis, e preservar e melhor distribuir (ou usufruir) os ganhos em eficiência e produtividade.

Algumas observações fazem-se aqui necessárias. Em primeiro lugar, é evidente que se há perda líquida de empregos diretos (e indiretos), também existem alguns efeitos de compensação que minoram esta perda, com a criação de empregos necessários ao funcionamento dos novos equipamentos automatizados (regulagem, manutenção, supervisão, programação, etc) e à sua própria produção, e com o eventual crescimento das empresas usuárias. Se o crescimento for maior que o aumento de produtividade, poderá haver crescimento líquido do volume de emprego.

Mesmo que isto não ocorra, pode-se admitir que ocorra o menos grave para a empresa individualmente, isto é, fortalecendo-se com a modernização tecnológica a empresa poderá evitar a demissão de um número maior de trabalhadores, o que ocorreria, caso contrário, com a perda de competitividade por não atualizar suas condições de produção.

De qualquer forma, a análise micro para uma empresa pode não valer para uma abordagem macro, a nível de uma região ou país, visto que seu aumento de competitividade pode acarretar o deslocamento de uma ou mais empresas daquele mercado. Este problema pode ser contornado na medida em que com (ou sem) auxílio

de políticas industriais (e tecnológicas) pertinentes seja estimulada a modernização do aparato produtivo do conjunto de empresas da indústria como um todo, criando "polos de competitividade" (Agliettà e Boyer, 1982). Do mesmo modo, as análises micro para a empresa e macro para um país não valem quando se considera o mercado internacional, pois o aumento da produtividade de uns implica frequentemente no deslocamento, ou eliminação, dos concorrentes no mercado mundial. Novamente a criação de polos de competitividade serve como política de defesa dos mercados já conquistados ou de agressividade para a expansão do espaço econômico de um país.

O processo de robotização e de mudança de base técnica no capitalismo, ainda que em sua fase inicial, já permite identificar uma nova onda de balanceamento dos padrões de concorrência entre empresas e países, no sentido de favorecer aqueles mais próximos da fronteira tecnológica. Assim, são previsíveis mudanças significativas na divisão internacional do trabalho, já que determinadas atividades produtivas que vinham sendo deslocadas para países menos desenvolvidos, parcialmente em função dos baixos custos locais de mão-de-obra, tendem a perder este estímulo na medida em que torne-se padrão nos países desenvolvidos a adoção de processos automatizados, equivalentes a estas atividades, que no entanto dispensam trabalho vivo em larga escala (Rada, 1985). É impossível prever em quanto tempo este tipo de efeito far-se-á sentir em grande escala e como os países menos desenvolvidos reagirão. A tendência, porém é inequívoca.

Uma segunda observação que cabe aqui diz respeito à diferença das implicações sobre o emprego no curto e no longo prazo e sua resultante final. Se os efeitos à queda do emprego pelo uso de robôs são certos no curto prazo, os efeitos compensatórios positivos são em geral apenas consideráveis (e condicionáveis a uma série de eventuais circunstâncias) no longo prazo. Não há muita dúvida de que os empregos criados estão longe de compensar os empregos perdidos, isto é, de que o trabalho social necessário à produção do mesmo produto social será drasticamente reduzido. Isto provavelmente tornará inevitável, a longo prazo, para os países que adotarem generalizadamente a nova base técnica, a necessidade de adotarem novas formas de regulação entre os padrões de produção de excedente econômico e sua apropriação.

Uma terceira observação diz respeito à impossibilidade prática de separar os efeitos sobre o emprego da automação "por substituição" dos da automação "por integração", e de precisar exatamente (e de maneira generalizada) os índices (e o perfil) de substituição de trabalhadores pelos diversos tipos de robôs. Até agora os robôs têm, em sua grande maioria, substituído os postos de trabalho desqualificado e/ou especializados numa única tarefa (carga e descarga de máquinas, manipulação de materiais, soldagem, pintura, etc.). Têm também, todavia, substituído uma série de postos de supervisão direta do trabalho e afetado uma série de atividades indiretas (controle de qualidade de estoques, manutenção, regulação, programação, planejamento e gerência da produção etc.), já que implicam numa nova lógica de organização da produção maquinofatureira. Na medida em que os robôs sejam aperfeiçoados, aumentando sua capacidade mecânica e

a "inteligência" a eles incorporados (isto é, na medida em que aos poucos deixem de ser cegos, surdos e "burros"), pode-se prever que venham progressivamente a substituir formas diversas de trabalho qualificado em quantidades crescentes.

As estimativas sobre o número de postos de trabalho eliminados em termos líquidos pela introdução de cada robô variam bastante em função das condições de aplicação, da estratégia da produção (ou da "filosofia" da empresa), do número de turnos de operação, etc. Há registros desde a proporção de um robô para um trabalhador substituído, até um para oito. Uma média aproximada de um robô para dois postos de trabalho não estaria longe da verdade, atualmente. O fato é que uma comparação entre custo dos robôs e custo do trabalho vivo economizado é considerado um fator decisivo, em última instância, para determinação do ritmo de difusão. Nesta linha de raciocínio o presidente do Conselho Diretor da GM, Roger Smith, avaliou, em 1981, que para cada dólar por hora de aumento no salário dos trabalhadores afiliados ao principal sindicato da indústria automobilística americana (UAW), mais de 1000 robôs se tornavam economicamente viáveis. No entanto, pensar em proteger o nível de emprego pela redução de salário parece ser uma opção despropositada, tanto em termos sociais como econômicos (pelo seu efeito sobre o padrão de vida dos trabalhadores e pela consequente redução do seu padrão de consumo).

Cabe, finalmente, lembrar aqui que a mudança de base técnica, e a robotização em particular, trará (e já está trazendo), como consequência inevitável, profundas modificações na

concepção do que é atividade humana produtiva, relação trabalho/máquina (ou sistema produtivo), trabalho coletivo, etc, bem como importantes alterações nas relações capital/trabalho (dentro e fora da fábrica) e nos padrões de concorrência (a nível de cada país e internacionalmente). Os fenômenos daí decorrentes que por hora se observam, ainda que sinalizadores de futuras tendências, não devem ser entendidos como determinísticos, pois em muito dependem, também, a longo prazo, do peso da questão social e do aperfeiçoamento das instituições políticas em cada país.

VI- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os robôs foram tratados neste texto como um bem de produção (sua principal aplicação até hoje). Progressivamente, no entanto, verificam-se experimentos com a utilização de robôs fora dos limites da fábrica: em aplicações científicas, militares, na medicina (cirurgia) e no próprio lar. Pode-se, mesmo, imaginar o dia, não tão longe assim, em que robôs serão produzidos como bens de consumo durável em quantidades iguais ou maiores do que como bem de produção.

Seguem-se alguns exemplos de aplicações de robôs (alguns em fase experimental), que já estão sendo feitos fora do ambiente industrial (SCHREIBER, 1984):

- Transplante de plantas (pimenteiras) -um estudante da Universidade do Estado de Luisiana (estado importante na produção de pimenta nos EUA) desenvolveu um protó-

tipo que manipula mudas de pimentefras e alimenta uma máquina plantadeira para plantio uniforme.

- Neurocirurgia - no Memorial Medical Center de Long Beach, na Califórnia, foi desenvolvido um robô que é usado em neurocirurgias estereostáticas, para guiar uma sonda, ou outro instrumento, para um ponto determinado do cérebro, sem visualização.
- Combate às chamas - a marinha americana já encomendou a uma empresa de Anaheim, na Califórnia, EUA, um robô-bombeiro para combater incêndios a bordo de navios.
- Assistente de pesquisas - um robô feito por uma empresa do Estado de Massachussets, EUA, destina-se a fazer a análise de vitaminas, minerais e calorias contidas nos alimentos fabricados por grande indústria americana.
- Colheita de laranjas - na Universidade da Flórida, está sendo desenvolvido um sistema de robôs para localizar (pelo contraste de imagem) e colher laranjas.
- Escavação - a Universidade de Carnegie Melon está desenvolvendo um robô para escavação a ser montado sobre um caminhão, com controle sensoriais.
- Costureiros - a maior empresa de máquinas de costuras

do mundo já está desenvolvendo uma família de robôs que devem ser utilizados para costurar estofamentos de automóveis, camisas, calças, sapatos, etc.

- Mineração - a Universidade de Carnegie Melon também está desenvolvendo um robô dotado de sistema de orientação para fazer escavação e extração dentro de minas.
- Cortador de grama - três estudantes da Universidade de Tennessee estão acoplando a um cortador de grama, um controlador lógico programável para aparar a grama do Oak Ridge National Laboratories.

Entre outras possíveis aplicações de robôs e/ou de equipamentos automatizados por ME que estão sendo desenvolvidos e/ou implementados pode-se citar:

- lavagem de pratos
- escolha (seleção) de frutas
- decoração, corte e inspeção de confeitaria
- montagem de canetas
- entrega de cartas
- corte e polimento de pedras preciosas
- colocação de tijolos
- escafandros (inclusive alimentação de peixes e limpeza de piscinas)
- bibliotecário
- poda de árvores
- alimentação de caminhões (e outros veículos) com gasolina.

- acompanhamento geriátrico, etc.

Sugere-se ao leitor(a) imaginar algumas das aplicações que estarão disponíveis em 1990, 1995 e no ano 2000. Não duvide, elas poderão tornar-se realidade. É viver para conferir...

BIBLIOGRAFIA

- Aglietta, M. e Boyer, R. (1982) - "Poles de Competitivité, Strategie Industrielle et Politique Macroeconomique", CEPREMAP.
- CEE/ONU (1985) - Production and Use of Industrial Robots, ONU, New York.
- Cochet, F. (1983) - "Quelle Robotique industrielle pour la France? "In critiques de L'Economie Politique, janeiro/março, Paris.
- Coriat, Benjamim (1983) - La Robotique, La Decouverte/Maspero
- Lasfargne, Yves (1983) - "Robotique: enjeux économiques et sociaux" in Futuribles, março.
- Lasfargne, Yves (1982) "L'utilisation de la Robotique dans la production et ses perspectives d'avenir" Journal Officiel de la Republique Française, Conseil Economique et Social, França, 2 de abril de 1982.
- Le Quément, Joel (1981) - Les Robots, enjeux économiques et sociaux, La Documentation Française, Paris.
- OECD (1983) Industrial Robots, their role in manufacturing industries, OECD, Paris.
- Pastré, O. (1983) - L'Informatization et l'Emploi, La Decouverte/Maspero, Paris
- Sanderson, R; Campbell, J. e Meyer, J. (1982) - Industrial Robots: a summary and forecast for manufacturing managers, Tech Tran Corp., Illinois.
- Schreiber, Rita (1984) - Robotics Unlimited: Reaching Beyond the Factory, in Robotics Today, dezembro.
- Shaiken, Harley (1984) - Work Transformed, automation and labour in the computer age, Holt, Rinehart and Winston, N.Y.

Susnjara, K. (1982) - A Manager's Guide to Industrial Robots
Prentice Hall, New Jersey.

Taule, J.R. (1984-a) Microeletronics Automation and Economic Development: the case of numerically controlled machine tools in Brazil", Tese de PhD, New School for Social Research, NY.

Taule J.R. (1984-b) "Microeletrônica e Automação: a nova fase da indústria automobilística no Brasil", Texto para Discussão nº 55, IEI/UFRJ.

U.S. Dept. of Commerce (1983) - "the Robotics Industry" Mimeo.

PUBLICAÇÕES DO IEI EM 1985
TEXTOS PARA DISCUSSÃO

	Nº de páginas
65. TAVARES, Maria da Conceição e BELLUZZO, Luiz Gonzaga de Mello. <u>Uma reflexão sobre a inflação contemporânea.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1984. (Discussão, 65)	30
66. ERBER, Fábio Stefano; GUIMARÃES, Eduardo Augusto; ARAUJO JR., José Tavares de. <u>A política tecnológica da segunda metade dos anos oitenta.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1984. (Discussão, 66)	55
67. SABOIA, João L.M. e TOLIPAN, Ricardo M.L. <u>A relação anual de informações sociais (RAIS) e o mercado formal de trabalho no Brasil.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 67)	24
68. TAVARES, Maria da Conceição. <u>A retomada de hegemonia norte-americana.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 68)	24
69. SABOIA, João L.M. <u>Considerações sobre as transformações no mercado de trabalho no Brasil durante a recessão - 1980/1983.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 69)	52
70. ZONINSEIN, Jonas. <u>Valor, concorrência e concentração.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985 (Discussão, 70)	47
71. KUPFER, David S. <u>O setor de medicamentos no Brasil: aspectos da estrutura industrial.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 71)	21
72. PENA, Maria Valéria Junho. <u>A política salarial do governo Figueiredo: um ensaio sobre sua sociologia.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 72)	41
73. LEITE, Antonio Dias. <u>A transição para a Nova República.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 73)	101
74. GUIMARÃES, Fábio Celso de Macedo Soares. <u>As macroeconomias neoclássica e keynesiana - Alguns reparos à "dinâmica macroeconômica" de Sircensen.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 74)	14
75. PERINE, Leila. <u>Competitividade dos periféricos nacionais: Unidades de disco (Drive).</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 75)	32
76. ERBER, Fábio Stefano; ARAUJO JR., José Tavares de; TAULE, José Ricardo. <u>Restrições externas, tecnologia e emprego. Uma análise do caso brasileiro.</u> IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 76)	77

77. TAVARES, Maria da Conceição. A Retomada da Hegemonia Norte-americana - Um aprofundamento do debate. IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 77)
78. TAUILLE, José Ricardo. O desenvolvimento Internacional da Robótica: Dados e Reflexões. IEI/UFRJ, Rio de Janeiro, 1985. (Discussão, 78)

51

52